

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 2000113897 A

(43) Date of publication of application: 21.04.00

(51) Int. Cl **H01M 8/02**
B21D 13/02
B21D 22/20
B21D 39/00
F16S 1/06

(21) Application number: 11142332

(22) Date of filing: 21.05.99

(30) Priority: 03.08.98 JP 10219471

(71) Applicant: TOYOTA MOTOR CORP

(72) Inventor: IKUSHIMA KOICHI
SHIMODA KOJI
FUNATSU JUN

(54) MULTI-IRREGULARITY PLATE, BENDING DIE
FOR MULTI-IRREGULARITY PLATE,
MANUFACTURE OF MULTI-IRREGULARITY
PLATE AND FUEL CELL SEPARATOR USING
THE PLATE

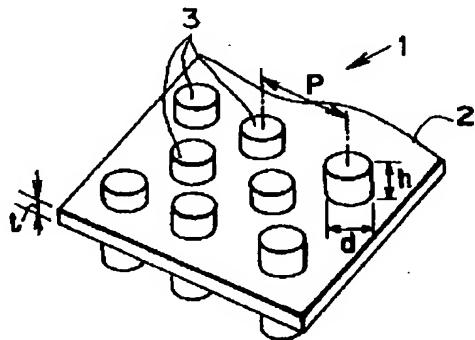
the pitch or above of the projections 3 or the pitch or above of the recesses.

COPYRIGHT: (C)2000,JPO

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a multi-irregularity plate with many irregularities having a large protruded quantity and arranged nearby and to easily manufacture it.

SOLUTION: Multiple projections 3 or recesses protruded or recessed at least in one direction of the thickness direction of a reference plate face 2 are arranged apart from each other at least in two directions in parallel with the plate face 2. The protruded height or recessed depth of the projections or recesses from the reference plate face 2 is set to 1.5 times or above of the thickness of the reference plate face 2. The maximum outer diameter size in the plate face direction of the projections 3 or the maximum inner diameter size in the plate face direction of the recesses is set to



(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-113897

(P2000-113897A)

(43)公開日 平成12年4月21日(2000.4.21)

(51)Int.Cl.⁷
H 01 M 8/02

識別記号

F I
H 01 M 8/02

テマコード(参考)

B 21 D 13/02
22/20
39/00

B 21 D 13/02
22/20
39/00

B
R

J
B

審査請求 未請求 請求項の数11 O L (全 16 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願平11-142332

(71)出願人 000003207

(22)出願日 平成11年5月21日(1999.5.21)

トヨタ自動車株式会社

愛知県豊田市トヨタ町1番地

(31)優先権主張番号 特願平10-219471

(72)発明者 生島 幸一

(32)優先日 平成10年8月3日(1998.8.3)

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(33)優先権主張国 日本 (JP)

(72)発明者 霜田 好司

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(72)発明者 船津 準

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(74)代理人 100083998

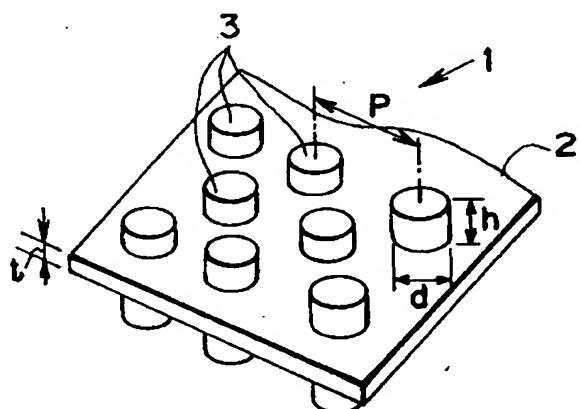
弁理士 渡辺 丈夫

(54)【発明の名称】 多連凹凸板および多連凹凸板用曲げ加工型ならびに多連凹凸板の製造方法およびその多連凹凸板を利用した燃料電池用セパレータ

(57)【要約】

【課題】 突出量が大きくかつ互いに接近した多数の凹部を有する多連凹凸板を得、またこれを容易に製造することを目的とする。

【解決手段】 基準板面に対してその板面2の厚さ方向の少なくとも一方向に凸形状もしくは凹形状となりかつ前記板面に平行な少なくとも2方向に互いに離隔して配列された複数の凸部3もしくは凹部が形成され、その凸部3もしくは凹部の前記基準板面2からの突出高さもしくは窪み深さが、基準板面2の板厚の1.5倍以上でかつ凸部3の前記板面方向での最大外形寸法もしくは前記凹部の前記板面方向での最大内径寸法が、凸部3同士のピッチもしくは凹部同士のピッチ以上である。



1 : 多連凹凸板 2 : 平板部 3 : 凸部

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基準板面に対してその板面の厚さ方向の少なくとも一方に凸形状もしくは凹形状となりかつ前記板面に平行な少なくとも 2 方向に互いに離隔して配列された複数の凸部もしくは凹部が形成され、その凸部もしくは凹部の前記基準板面からの突出高さもしくは溝み深さが、基準板面の板厚の 1.5 倍以上でかつ凸部の前記板面方向での最大外形寸法もしくは前記凹部の前記板面方向での最大内径寸法が、凸部同士のピッチもしくは凹部同士のピッチ以上であることを特徴とする多連凹凸板。

【請求項 2】 板材の表裏両面に互いに独立した複数の凹凸部が形成された多連凹凸板の製造方法において、素材となる板材の少なくとも一方の面に、板厚を減少させた複数条の溝部を形成し、ついでこれらの溝部に交差する線が谷線および山線となるように連続した曲げ形状となる曲げ加工を施すことを特徴とする多連凹凸板の製造方法。

【請求項 3】 一方の面にのみ、板厚が他の部分より薄い複数条の溝を形成した板材を、前記溝に交差する方向に山谷が連続する曲げ加工を施す多連凹凸板用曲げ加工型において、前記溝の変形を規制する突部を有していることを特徴とする多連凹凸板用曲げ加工型。

【請求項 4】 板材の一方の面から他方の面に向けて突き出させて壅ませた複数の凹部を有する多連凹凸板の製造方法において、板状素材の一方の面に、その板状素材の板厚方向およびその面方向の少なくともいずれか一方向に成形ポンチを振動させつつ押し付けることを特徴とする多連凹凸板の製造方法。

【請求項 5】 板材の少なくとも一方の面に凸となる複数の突起部を一体に形成した多連凹凸板の製造方法において、板状素材の少なくとも一方の面に前記突起部用の複数の軸状部材を突き当てるとともに、それらの軸状部材を軸線方向に加圧して該軸状部材を前記板状素材に嵌入させて軸状部材を板状素材に一体化させることを特徴とする多連凹凸板の製造方法。

【請求項 6】 板材の一方の面から他方の面に向けて壅んだ複数の凹部を有する多連凹凸板の製造方法において、前記凹部を形成すべき板状素材を、各領域が複数の凹部を含むように複数の領域に区分し、各領域ごとに一箇所ずつ前記板状素材の素材流動を伴う変形を生じさせて前記凹部を形成することを特徴とする多連凹凸板の製造方法。

【請求項 7】 板材の表裏両面に互いに独立した複数の凹凸部が形成された多連凹凸板を利用した燃料電池用セパレータにおいて、

素材となる板材の少なくとも一方の面に、板厚を減少させて形成された複数条の第 1 の溝部と、それらの第 1 の溝部に谷線および山線が交差する波状に連続した曲げ形状となるように前記板材に曲げ加工を施して前記板材の表裏両面に形成された第 2 の溝部とを有することを特徴とする多連凹凸板を利用した燃料電池用セパレータ。

【請求項 8】 前記一方の面に形成されている溝部が冷却水用流路を形成し、かつ他方の面に形成されている溝部がガス用流路を形成していることを特徴とする請求項 10 に記載の多連凹凸板を利用した燃料電池用セパレータ。

【請求項 9】 前記冷却水の流動方向における上流側の第 1 の溝部の形状もしくは配列と下流側の第 1 の溝部の形状もしくは配列とが相違していることを特徴とする請求項 8 に記載の多連凹凸板を利用した燃料電池用セパレータ。

【請求項 10】 前記曲げ加工に伴って前記板材の他方の面の山線に相当する部分に該山線に交差するように形成された第 3 の溝部を有し、

20 前記一方の面における第 1 の溝部および第 2 の溝部が冷却水用流路を形成し、かつ他方の面における第 2 の溝部および第 3 の溝部がガス用流路を形成していることを特徴とする請求項 7 に記載の多連凹凸板を利用した燃料電池用セパレータ。

【請求項 11】 前記板材の他方の面の山線に相当する部分の所定箇所が板厚方向に押圧変形されて前記第 3 の溝部より断面積の大きい第 4 の溝部が形成されていることを特徴とする請求項 7 に記載の多連凹凸板を利用した燃料電池用セパレータ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、全体として板状を成すとともに、少なくとも一方の面に複数の凹部もしくは凸部を形成することにより、相対的に多数の凹凸部が設けられた多連凹凸板に関し、さらにはその多連凹凸板を形成するための曲げ加工型および製造方法、ならびにその多連凹凸板を利用した燃料電池用セパレータに関するものである。

【0002】

【従来の技術】全体として板状を成し、その一方の面もしくは両方の面に多数の突起（凸部）やその突起を形成することに伴う壅み（凹部）を設けた板状材すなわち多連凹凸板が、各種の分野で使用されている。この種の多連凹凸板は、凸部や凹部を設けることにより断面二次モーメントを増大させてその板状体の強度を向上させたものであったり、あるいはその凸部や凹部が板状体の全体の表面積を増大させるものであったり、さらには凸部が接点として機能し、もしくは支柱として機能するものであるなど、用途あるいは機能などが多様である。

【0003】いずれの多連凹凸板であってもその凸部や

凹部が基体部分である平板部に一体化されている必要があり、したがってその製造方法としては、材料となる金属板などの板体をプレスなどによって板厚方向に変形させる方法が基本となる。また、凸部に要求される機能がその基体部分である平板部とは異なる場合、凸部と平板部との素材を異ならせることになるので、このような場合には、凸部となる軸状部材もしくはピン状の部材を、起立状態に接合することになる。このような凸部と平板部との材質が異なる多連凹凸板を製造する方法として、溶接や接着により凸部用の部品を平板体に接合する方法や、平板体に形成した下孔に凸部用の部品を挿入し、かかる後に凸部用の部品を圧潰するいわゆるカシメによって凸部を基体部分に一体化する方法がある。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】上述した多連凹凸板を製造するにあたって素材となる金属板を部分的に変形させて凸部や凹部を形成する方法を採用するとすれば、材料の延びや流動を生じさせることになる。しかしながら延性に優れた金属材料を使用する場合であっても、その延びや流動が制約されるから、形成し得る凸部の高さあるいは凹部の深さは素材の板厚の1.5倍程度に制限され、必要とする凹凸形状を得られない場合が多い。このような不都合を解消する方法として、絞りしごき加工を複数回繰り返す方法があるが、このような方法では、加工工数が多くなって生産性が低下する問題があり、また形成すべき凸部や凹部に対して充分に素材を供給できる場合に限られる不都合がある。

【0005】さらに、特に凸部や凹部を互いに接近させて多数形成する多連凹凸板にあっては、凸部や凹部が互いに接近していることにより、それぞれの凸部や凹部に対して供給し得る素材の量が制約されるので、この点で凸部の高さや凹部の深さが制約され、一般には凹凸部の径とピッチとの比率を2.5以上に設定せざるを得ず、この点でも多連凹凸板の形状が制限される不都合がある。

【0006】また一方、凸部用の部品を平板体に接合して多連凹凸板を製造する方法では、素材の変形を伴わないで、上述したような形状の制約はない。しかしながら接合のために溶接するとすれば、素材の溶融を生じるので、凸部が数mm程度の微小なものであってかつその間隔が微小であれば、凸部用部品自体が溶融して消失してしまう可能性が高い。これに対して接着剤を使用するとすれば、凸部と平板部の導電性を確保することが困難であるばかりか、接合強度や耐久性が不充分になるおそれがある。

【0007】これに替えて、カシメ加工によって凸部を平板体に接合するとすれば、凸部用部品を挿入するための下孔を平板体に形成する必要があるために、加工工数が多くなる不都合がある。またその下孔は、凸部用部品を挿入しやすくするために、凸部用部品の外径より大き

い内径のものとし、これら両者の間隙を凸部用部品をカシメることにより密閉することになるが、カシメ加工は、凸部用部品と平板体とを一体化させることを補償し得ても、気密性を確保することは困難であり、したがってこの方法は全ての多連凹凸板の製造方法として採用することはできない。

【0008】このように従来では、多連凹凸板を製造する場合、加工上の制約で、凸部の高さや凹部の深さを大きくできず、あるいはそれらの間隔を広くせざるを得ないなど、多連凹凸板の形状が制約されるなどの不都合があつた。またこのような不都合を解消するためには、加工工数が増大したり、信頼性が低下するなど、製品コストが上昇したり、品質の低下を招来するなどの他の不都合が生じるのが実情であった。

【0009】この発明は上述した事情を背景としてなされたものであり、凹凸部の形状や間隔などの制約がなく、しかも生産性の高い多連凹凸板の製造方法およびその製造方法で使用する曲げ加工型ならびに多連凹凸板およびその多連凹凸板を利用した燃料電池用セパレータを提供することを目的とするものである。

【0010】

【課題を解決するための手段およびその作用】上記の目的を達成するために、請求項1の発明は、基準板面に対してその板面の厚さ方向の少なくとも一方向に凸形状もしくは凹形状となりかつ前記板面に平行な少なくとも2方向に互いに離隔して配列された複数の凸部もしくは凹部が形成され、その凸部もしくは凹部の前記基準板面からの突出高さもしくは窪み深さが、基準板面の板厚の1.5倍以上でかつ凸部の前記板面方向での最大外形寸法もしくは前記凹部の前記板面方向での最大内径寸法が、凸部同士のピッチもしくは凹部同士のピッチ以上であることを特徴とする多連凹凸板である。

【0011】したがって請求項1の発明によれば、凸部もしくは凹部の先端を他の平面に密着させることにより、互いに連続した容積の大きい空間を確保することのできる多連凹凸板とができる。

【0012】また、請求項2の発明は、板材の表裏両面に互いに独立した複数の凹凸部が形成された多連凹凸板の製造方法において、素材となる板材の少なくとも一方の面に、板厚を減少させた複数条の溝部を形成し、ついでこれらの溝部に交差する線が谷線および山線となるように連続した曲げ形状となる曲げ加工を施すことを特徴とする方法である。

【0013】したがって請求項2の発明によれば、素材の延び量や張り出し量を少なくし、主に曲げ加工によって互いに独立した多数の凹凸部を形成することができ、そのため請求項2の発明によれば、高さもしくは深さが大きくしかも互いに接近した多数の凹凸部を有する多連凹凸板を得ることができる。

【0014】請求項3の発明は、一方の面にのみ、板厚

が他の部分より薄い複数条の溝を形成した板材を、前記溝に交差する方向に山谷が連続する曲げ加工を施す多連凹凸板用曲げ加工型において、前記溝の変形を規制する突部を有していることを特徴とするものである。

【0015】したがって請求項3の発明によれば、曲げ加工に伴う前記一方の面における溝の変形を防止することができると同時に、他方に面の山の部分の頂部における溝を確実に生じさせることができ、その結果、互いに独立した多数の凹凸部を、板厚に対して大きく突出し、また相互の間隔を接近させて形成した多連凹凸板を得ることができる。

【0016】請求項4の発明は、板材の一方の面から他方の面に向けて突き出させて瘤ませた複数の凹部を有する多連凹凸板の製造方法において、板状素材の一方の面に、その板状素材の板厚方向およびその面方向の少なくともいずれか一方向に成形ポンチを振動させつつ押付けることを特徴とする方法である。

【0017】したがって請求項4の発明によれば、材料の延びを、凹凸部の一部に生じさせつつ次第に凹凸部の全体を所定の形状に仕上げることになるので、クリープが生じにくく、その結果、板厚に対して深さの深い凹凸部を形成することができ、またコーナ部分での曲率半径を小さくした角形に近い断面形状の凹凸部を得ることができる。

【0018】請求項5の発明は、板材の少なくとも一方の面に凸となる複数の突起部を一体に形成した多連凹凸板の製造方法において、板状素材の少なくとも一方の面に前記突起部用の複数の軸状部材を突き当てるとともに、それらの軸状部材を軸線方向に加圧して該軸状部材を前記板状素材に嵌入させて軸状部材を板状素材に一体化させることを特徴とする方法である。

【0019】したがって請求項5の発明によれば、突起部の素材となる軸状部材がポンチとなり、しかもその軸状部材が板状素材に嵌入して一体化されるので、容易に多連凹凸板を製造することができる。また、板状素材の材料の流動や延びを生じさせることがないので、各突起部を互いに接近させ、またその突出長さを長くすることができ、その結果、単位面積あたりの突起部の数が多く、またその突出量の大きい多連凹凸板を得ることができる。また、板状素材の材質と突起部（軸状部材）の材質とを必要に応じて変化させることもできる。

【0020】そして、請求項6の発明は、板材の一方の面から他方の面に向けて瘤んだ複数の凹部を有する多連凹凸板の製造方法において、前記凹部を形成すべき板状素材を、各領域が複数の凹部を含むように複数の領域に区分し、各領域ごとに一箇所ずつ前記板状素材の素材流動を伴う変形を生じさせて前記凹部を形成することを特徴とする方法である。

【0021】したがって請求項6の発明によれば、板状素材に材料流動を生じさせて凹部を形成するものの、そ

の加工は、予め区分された区画の中の1箇所で実行されるので、複数の加工箇所で同一の部分から材料の流入を同時に生じさせることができなく、そのため、成形限界が向上して板厚に対する深さの深い凹部もしくは凸部を形成することができる。また、その加工は、複数の区画において同時に実行されるので、生産性が悪化することはない。

【0022】請求項7の発明は、板材の表裏両面に互いに独立した複数の凹凸部が形成された多連凹凸板を利用した燃料電池用セパレータであって、素材となる板材の少なくとも一方の面に、板厚を減少させて形成された複数条の第1の溝部と、それらの溝部に谷線および山線が交差する波状に連続した曲げ形状となるよう前記板材に曲げ加工を施して前記板材の表裏両面に形成された第2の溝部とを有することを特徴とするセパレータである。

【0023】したがって請求項7の発明では、第1の溝部と第2の溝部とによって区画された凸部が、燃料電池における電極に導通する接点となり、しかもこれらの溝部がガスや冷媒のための流路となる。

【0024】請求項8の発明は、請求項7の構成において、前記一方の面に形成されている溝部が冷却水用流路を形成し、かつ他方の面に形成されている溝部がガス用流路を形成していることを特徴とするセパレータである。

【0025】したがって請求項8の発明では、1枚のセパレータもしくは一対のセパレータでガス流路および冷却水流路を形成することができる。

【0026】請求項9の発明は、請求項8の構成において、前記冷却水の流動方向における上流側の第1の溝部の形状もしくは配列と下流側の第1の溝部の形状もしくは配列とが相違していることを特徴とするセパレータである。

【0027】したがって請求項9の発明では、第1の溝部を介して第2の溝部に分散させる冷却水の流量を、第1の溝部の形状もしくは配列によって制御し、第2の溝部ごとの冷却水量を充分確保し、冷却不良箇所の発生が未然に防止される。

【0028】請求項10の発明は、請求項7の構成において、前記曲げ加工に伴って前記板材の他方の面の山線に相当する部分に該山線に交差するように形成された第3の溝部を有し、前記一方の面における第1の溝部および第2の溝部が冷却水用流路を形成し、かつ他方の面における第2の溝部および第3の溝部がガス用流路を形成していることを特徴とするセパレータである。

【0029】したがって請求項10の発明では、板材の一方の面側が冷却水の流動する冷却部とされ、他方の面が燃料電池での発電の用に供されるガスの供給部および排出部とされる。そしてそれぞれの面で、溝部が交差して形成されているので、冷却水およびガスの分散が促進される。

【0030】そして、請求項11の発明は、請求項7の構成において、前記板材の他方の面の山線に相当する部分の所定箇所が板厚方向に押圧変形されて前記第3の溝部より断面積の大きい第4の溝部が形成されていることを特徴とするセパレータである。

【0031】したがって請求項11の発明では、板材の他方の面側のガス供給部において、曲げ加工によって形成された第2の溝部を連通させる溝部として、第3の溝部より断面積の大きい第4の溝部が形成されているので、ガス流路中の水滴などの液体をその第4の溝部に送り込み、あるいは第4の溝部を介して他の第2の溝部に分散させることができ、その結果、第2の溝部の液滴による閉塞を解消してガスの流通および分散を良好におこなうことができる。

【0032】

【発明の実施の形態】つぎにこの発明を図面を参照して具体的に説明する。先ず、この発明による多連凹凸板1の一例を説明すると、図1に示す例は、基体部分である平板部2の表裏両面に互いに離隔して2方向に配列された多数の凸部3を設けたものである。これらの平板部2と凸部3とは、同一の金属材料によって構成され、あるいは互いに異なる種類の金属材料によって構成されている。また、凸部3と平板部2とは製品の状態では完全に一体化されているが、これらは別部品であって、凸部3を構成する部品を、平板部2を構成する部品に密着嵌合することにより構成されている。

【0033】ここで上記の多連凹凸板1における各部の寸法の関係を説明すると、凸部3の高さhが平板部2の板厚tの1.5倍以上に設定され、また凸部3の外径dが凸部3同士のピッチp以上に設定されている。一例として板厚tが0.3mm、凸部3の高さhが0.6mm、凸部3の外径dが1.0mm、ピッチpが1.0mmである。なお、平板部2を基準にすれば、その表裏両面に凸部3が形成されることになるが、凸部3の先端を結んだ平面を想定し、その平面を基準にすれば、前記凸部3同士の間の部分が窪んでいることになり、ここに凹部が形成されているとすることもできる。その場合には凹部の深さが板厚tの1.5倍以上となる。

【0034】つぎに、図1に示す多連凹凸板1の製造方法について説明する。図2はその製造過程を模式的に示しており、ここに示す方法では、打ち抜き型が使用されている。すなわち前記平板部2のための素材である薄板シート4を載せるダイス5には、凸部3の外径dより僅かに大きい内径の成形孔6が、凸部3のピッチpと同じ間隔で形成されている。このダイス5の上方には、ラム7の下面に固定されたポンチ8がラム7と一緒に上下動するように配置されている。さらにこのラム7あるいはポンチ8とは独立して上下動する板押え9が、ポンチ8とダイス5との間に配置されている。この板押え9には、ダイス5における成形孔6と同一寸法でかつ同一ピ

ッヂの複数の貫通孔が成形孔6に一致するように形成されている。またこの板押え9は、ポンチ8の下限位置を規定するためのものであって、その厚さが凸部3の高さhと同一に設定されている。

【0035】この打ち抜き型を使用した方法では、先ず、ポンチ8および板押え9を充分上昇させた状態で薄板シート4をダイス5の上に載置し、ついで板押え9を下降させて薄板シート4をダイス5上に板押え9によって押さえ付けて固定する。つぎに、板押え9に形成して

10 ある貫通孔に凸部3用の部品すなわちビレット状ピース10を直立状態に配置する。このビレット状ピース10は、凸部3となるものであるから、凸部3の高さhの2倍に板厚tを加えた長さもしくはそれよりわずか長い寸法に設定されている。なお、これらのビレット状ピース10をダイス5における成形孔6の真上に立設することができる場合には、ビレット状ピース10を薄板シート4上に配置した後に板押え9を下降させてもよい。図2の(A)は板押え9によってダイス5上に固定した薄板シート4にビレット状ピース10を直立状態に配列した状態を示している。

【0036】この状態からポンチ8をラム7によって下降させると、各ビレット状ピース10が薄板シート4に向けてその軸線方向に加圧され、その結果、薄板シート4が各ビレット状ピース10によって部分的に打ち抜かれる。ポンチ8は板押え9の上面に当接することによりその下降が止まり、その後、ラム7と共に上昇する。板押え9の厚さが、前述したように凸部3の高さhに設定されていることにより、ビレット状ピース10は、その突出量が凸部3の高さと同一となる状態にまで薄板シート4に対して押し込まれることになる。図2の(B)はその状態を示している。また図2の(B)において符号1-1は打ち抜きかすである。

【0037】上記のようにして軸線方向に加圧されて薄板シート4に対して押し込まれるビレット状ピース10は、ポンチ8によって軸線方向に加圧されることによりその中間部が大きくなるように変形し、これに対してビレット状ピース10によって打ち抜かれる孔の径は、ビレット状ピース10の先端部の径であるから、相対的に小径の孔にビレット状ピース10の中間部の大径部分を押し込んで嵌合せることになる。その結果、ビレット状ピース10は、薄板シート4に対して密着状態で嵌合し、薄板シート4に一体化される。また、ビレット状ピース10によって打ち抜かれた薄板シート4の貫通孔においては、その素材の有する弾性によって、内径を縮小するように応力が生じる。すなわちスプリングバックである。そのため、ビレット状ピース10がこれによって打ち抜いて形成した貫通孔の部分での弾性力によって締め付けられ、薄板シート4すなわち平板部2に一体化される。

【0038】すなわち図2に示す方法では、凸部3を構

成するビレット状ピース10によって薄板シート4を打ち抜くことにより、同時にこのビレット状ピース10すなわち凸部3が薄板シート4すなわち平板部2に一体化され、したがって特別な接合手段や工程が不要である。また、凸部3と平板部2との間の気密性が良好になる。

【0039】このように、凸部3と平板部2とは、これら両者の間で生じる相互作用によって一体化されるので、両者を一体化するための相互作用を、より強固かつ確実なものとするために、ビレット状ピース10の外周面の表面粗さを粗くすることが好ましい。例えば日本工業規格(JIS)で25S以上の粗さとすることが好ましい。また、凸部3と平板部2とを確実に噛み合わせて一体化するために、ビレット状ピース10の中間部の外周に、図3に示すように、帯状の溝10aを形成することが好ましい。なお、その帯状溝10aの深さは、ビレット状ピース10によって薄板シート4に形成される貫通孔のスプリングバック量以下とすることが好ましい。

【0040】図2に示す方法を改良して凸部3を平板部2に対して更に確実かつ強固に固定するための方法を図4を参照して説明する。図2に示す方法は、平板部2による締め付け力で凸部3を固定する方法であり、したがって薄板シート4に形成される貫通孔の内径に対してビレット状ピース10の中間部の外径が相対的に大きい程、両者の固定力が増大する。そこで図4に示す方法では、ダイス5における成形孔6の内部に、その軸線方向に移動可能なノックアウト12を設け、このノックアウト12とポンチ7とによってビレット状ピース10を軸線方向に加圧する。その結果、ビレット状ピース10は、軸長の短縮と同時に中間部の外径が増大するよう変形し、それに伴って薄板シート4に形成された貫通孔を拡大するように作用するので、貫通孔の部分に生じる応力すなわちビレット状ピース10を締め付ける荷重が大きくなり、凸部3と平板部2とがより強硬に一体化され、また両者の間の気密性もより確実なものとなる。

【0041】この発明に係る多連凹凸板は、上述したように2部材で構成することに替えて、単一の平板体から構成することもできる。以下、その例について説明する。図5の(A)に示す平板体20は、アルミニウムなどの適宜の金属もしくは合金からなるものであって、先ず、この平板体20の表裏両面に互いに平行な複数の溝21を形成する。この溝21は平板体20を曲げることによって形成したものではなく、コイニングや切削加工などの材料の流動や除去によって形成されたものであり、したがってこれらの溝21の部分での板厚が溝21以外の部分の板厚より薄くなっている。また、表面側の溝21と裏面側の溝21とは、図5の(A)に示すように、その長手方向に対して交差する方向に半ピッチずれている。なおここで、平板体20の各部の寸法の一例を示すと、その板厚が0.3mm、溝21の幅および深さが

それぞれ0.15mmである。

【0042】上記の溝21をコイニングによって形成する場合、その深さは、板厚の50%以下とする。これは、コイニングに使用する型の寿命を維持すると同時に、コイニングによって除去されて溝21同士の間に盛り上がる材料の量を制限するためである。溝21同士の間に盛り上がる材料の量が多くなると、その部分で加工硬化を生じ、後に述べる波曲げ加工の際に割れを生じる可能性が高くなる。なお、コイニング加工あるいはこれに類する材料流動の生じる加工によって溝21を形成した後に焼鈍をおこなう場合には、板厚の50%以上の深さに溝21を形成してもよい。

【0043】つぎに、図5の(A)に示す平板体20に波曲げ加工(ウェーブ曲げ加工)を施す。この波曲げ加工とは、断面での山となる部分と谷となる部分とが一方に交互に連続した状態となる形状に曲げる加工であり、その山線22あるいは谷線23が前記の溝21と交差するように波曲げ加工をおこなう。その波曲げ加工によって生じる山の部分の高さあるいは谷の部分の深さ、すなわち山の部分の頂部と谷の部分の底部との間の寸法は、平板体20の板厚の1.5倍以上である。

【0044】このように波曲げ加工をおこなって形成した山の部分は、波曲げの方向が溝21に直交もしくは斜めに交差する方向であるから、波曲げ加工の後にも残っている溝21によって山線の方向において区分されている。そしてこのように区分された各山の部分が、凸部24となっている。これら凸部24は、前記溝21が平板体20の表裏両面に同様に形成され、また波曲げが、表面側と裏面側とで同様の曲げ状態を形成するので、平板体20の表裏両面に同様に形成される。なお、表面側の凸部24と裏面側の凸部24との位置は、半ピッチずれている。

【0045】このようにして製造された多連凹凸板25は、その凸部24の高さあるいはその反対の凹部の深さが、板厚の1.5倍以上になっている。また、凸部24もしくは凹部のピッチは、前記溝21に沿う方向では、波曲げ加工の際のピッチによって任意に設定でき、またこれと交差する方向でのピッチは、前記溝21のピッチに設定することができる。すなわち凸部24の最大外形寸法より小さいピッチとすることができます。

【0046】なお、図5の(B)に示す形状では、凸部24の頂部を平坦に形成してあるが、このような形状は、波曲げ加工の際の加工型に平坦面を形成しておくことにより得ることができる。また、図5には、溝加工および波曲げ加工によってエッジが明瞭に現れた形状を示してあるが、これは模式的に示したものであり、実際に加工をおこなった場合には、エッジの部分や折り曲げ部分が曲面となって現れる。

【0047】ここで、平板体20に形成する溝21の形状の例を示すと、図6の(A)、(B)のとおりであ

る。図6の(A)に示す例は、平板体20の表裏両面に、半ピッチずつずらして溝21を形成した例である。また図6の(B)に示す例は、平板体20の表裏両面の幅方向で同一の位置に、溝21を形成した例である。さらに特には図示しないが、平板体20の表裏両面のいずれか一方にのみ溝を形成し、その部分の板厚を減じてあってもよい。一方の面にのみ溝を形成した場合であっても、その平板体を前述したように波曲げ加工した際に、溝の部分を外れた板厚の厚い箇所において、いわゆる山となる部分の先端部に最も大きい張力が作用し、その結果、その部分で材料流動が生じ、山線を横切るように僅かながら溝が形成される。したがって一方の面にのみ溝を形成した平板体であっても、波曲げ加工を施すことにより、波曲げ加工に伴う連続した山が、その頂部に交差方向に生じる溝によって区分され、独立した多数の凸部が形成される。このように、平板体の一方の面にのみ溝を形成する加工方法では、溝を形成するための突条を備えた型が上下いずれか一方のみであり、したがって摩耗する型が上下いずれか一方のみとなるので、型に要する費用を低廉化することができる。

【0048】また、波曲げ加工による曲げ形状は、図7に示すように円弧を連続させた断面形状となる形状であってもよい。さらに溝21を予め形成してある平板体20を波曲げ加工する場合、平板体20にはその面方向に複雑に応力が生じ、溝21の形状がくずれる可能性がある。また、一方の面にのみ溝21を形成してある場合には、他方の面における山の部分の頂部に確実に溝を生じさせるために、材料流動を適正に生じさせることが望まれる。そこで、波曲げ加工に使用する曲げ型には、図8に示すように、予め形成された溝21に嵌合する突部26を形成しておくことが望ましい。この突部26は、図8に示すように連続したものであってもよく、あるいは波曲げ加工の際の山の頂部に対応する箇所と谷の底部に対応する箇所とにのみ形成されたものであってもよい。また、この突部26は、凸部24を区分する溝の部分の形状を、目的とする形状に成形するためのものであるから、必ずしも予め形成された溝21に密着して嵌合する形状である必要はない。さらにこの突部26は、波曲げ加工型を構成するポンチ27とダイス(図示せず)との両方の加工面もしくはいずれか一方の加工面に形成してもよい。

【0049】図5ないし図8に示す例は、素材の流動もしくは除去による溝21の加工と併せて素材の曲げ加工をおこなうことにより多連凹凸板を製造する方法であるが、この発明による方法は、さらに素材の流動のみを生じさせることにより凸部もしくは凹部を形成する方法であってもよい。その例を以下に説明する。

【0050】ここに示す方法は、板状体を直接加圧するポンチに、軸線方向およびこれと垂直な方向(半径方向)とに振動を与えて凹部もしくは凸部を形成する方法

であり、先ず、その加工のための装置について説明する。図9はその加工装置の一例を模式的に示しており、素材である板状体を載置するダイス30には、凸部もしくは凹部の外径形状を決める成形孔31が設けられており、その内部には上下動させられるノックアウト32が配置されている。このダイス30の上方には、成形孔31と中心軸線を一致させた貫通孔を有する板押え33が上下動可能に配置されている。

【0051】さらにこの板押え33を貫通しつつ前記ノックアウト32と対向させたポンチ34が設けられている。このポンチ34は、ラム35に垂下して取り付けられ、またポンチ34を軸線方向(上下方向)に振動させる縦加振機36とポンチ34を半径方向(水平方向)に振動させる横加振機37とが設けられている。

【0052】ポンチ34は、半径方向に振動させられた素材である板状体を加圧するために、その先端部には図10に示すように半径方向に突出したランド38が形成されている。このランド38の部分の外径が最も大きいが、このランド38の部分の外径dが、形成すべき凹部の内径Dより、半径方向の振動の振幅に相当する分、小さく設定されている。なお、ポンチ34は、半径方向における全方向に均等に振動させ、その中心位置を半径方向においては固定してもよく、あるいはポンチ34を形成すべき凹部の中心に対して偏心させて保持し、かつそのポンチ34を形成すべき凹部の中心に対して公転させてもよい。

【0053】図9に示す装置で多連凹凸板を製造する場合、先ず、板押え33およびポンチ34を充分上昇させた状態でダイス30上に素材となる板状体(図示せず)を配置し、その状態で板押え33を下降させて板状体をダイス30の上に押さえ付けて固定する。ついで、ポンチ34を下降させて板状体に押し付ける。そのポンチ34が、前記の各加振機36、37によって軸線方向および半径方向に振動させられているので、板状体には、ポンチ34の軸線方向に振動によって次第に凹部が形成され、またその凹部の内径が、ポンチ34の半径方向の振動の振幅に応じた外径に拡大される。図11はこのようにして形成される凹部39の一つを示しており、ポンチ34の振動によって荷重を受けている板状体の一部で、矢印で示すように、延びが生じ、凹部39の深さおよび外径が次第に大きくなる。なお、図11に示す例では、ポンチの外径が凹部39の内径に対して小さく設定されており、したがってポンチは凹部39の中心に対して公転させ、凹部39の内周面を順次加工することになる。

【0054】このように素材の延びの形態は従来の絞り加工とは大きく異なっている。すなわち上記の方法では、図11に矢印で示すように、材料の延びを凹部39の一部に生じさせ、その延びの生じる箇所を次第に移動させて最終的に凹部39の全体を所定の形状に仕上げる。これに対して従来のポンチを軸線方向に直線的に移

動させて一工程で凹部を仕上げる方法では、材料の延びが凹部の全体で同時に生じる。そのため従来の方法では、クリープが生じやすく、凹部の内径や深さが制約されているが、この発明による上記の方法では、クリープが生じにくく、そのために凹部39の内径や深さなどの成形限界を改善することができる。また、ポンチ34が素材に接触する面積が小さくなるので、形成型の耐用寿命を向上させることができる。さらに上記の方法では、素材に部分的な変形を生じさせつつ凹部39の全体の形状を仕上げるために、凹部39の各コーナの曲率半径を小さくして図12に示すような断面が矩形に近い凹部39を成形加工することができる。

【0055】素材に延びを生じさせて凹部もしくは凸部を形成する場合、その加工箇所の周囲から材料を流入させれば、流入する材料の量に応じて凹部あるいは凸部の各部の寸法を大きくすることができます。すなわち形成限界が大きくなる。しかしながら形成すべき凹部や凸部が互いに接近している場合には、それぞれの成形箇所で材料の流入が要求されるので、それらの成形箇所の境界部分で材料が不足し、その結果、凹部や凸部の形状が制約される場合がある。以下に説明するこの発明による方法は、このような制約を解消して多連凹凸板を製造する方法である。

【0056】ここで製造する多連凹凸板40は、図13に示すように、互いに接近した多数の凹部もしくは凸部（以下、仮に凹凸部と記す）41を平板部42に加工したものである。これらの凹凸部41は、平板部42を絞り加工（張り出し加工）して形成されており、その加工は、平板部42を多数の区画43に区分し、各区画43内で1つずつ絞り加工しておこなわれる。

【0057】図14および図15はその加工のためのポンチの構造を示しており、板状のポンチホルダ44には、形成すべき凹凸部41の内径およびピッチと等しい外径およびピッチの多数のポンチ45が、上下方向に貫通して保持されている。これらのポンチ45は、図15に示すように、その上端部に外径が大きくかつ凸円弧面のヘッド部46を備えており、そのヘッド部46とポンチホルダ44の上面との間にコイルスプリングなどの弹性体47が配置され、この弹性体47によって各ポンチ45が、上限位置に保持されている。

【0058】このポンチホルダ44の上方には、ポンチホルダ44の面方向（水平方向、X方向およびY方向）および上下方向（Z方向）に移動させられる回転軸48が配置されており、この回転軸48に押圧手段としてのカム49が一体に取り付けられている。このカム49は、各ポンチ45の上方に順に位置決めされ、回転軸48と共に回転することにより、ポンチ45のヘッド部46を繰り返し殴打してポンチ45を繰り返し下降動作させるようになっている。

【0059】この図14および図15に示すポンチ45

によって凹凸部41の成形加工をおこなうには、先ず、ポンチホルダ44を素材である平板部42における所定の区画43の上方に配置する。その状態でカム49を所定のポンチ45の上方に位置決めし、かつ回転軸48を回転させつつ下降させる。その結果、カム49がその下側のポンチ45のヘッド部46を殴打してこれを押し下げ、平板部42にポンチ45による絞り加工が施される。その場合、加工量が成形限界以内であれば、ポンチ45の一回の加工動作によって1つの凹凸部41を形成することができる。また成形限界を超える場合には、ポンチ45をカム49によって複数回殴打するとともに、ポンチホルダ44を次第に下げる、1つの凹凸部41に対して複数回の絞り加工をおこない、目的とする深さの凹凸部41を形成する。

【0060】このようなポンチ45による絞り加工を各区画43で1つずつ順におこなう。また互いに隣接する区画43においては同時に絞り加工がおこなわれる。その場合、区画43同士の境界線を挟んで隣接する凹凸部41を同時に絞り加工をおこなわないように加工位置の順序を設定する。

【0061】したがって各凹凸部41は、図16に模式的に示すように、その周囲からの材料の供給を伴って成形される。その場合、各区画43で1つずつ凹凸部41が成形され、隣接する凹凸部41が同時に成形されることがないので、各凹凸部41に対しては必要充分な材料の流入が生じる。そのため、内径（絞り径）d（一例として約1mm）がピッチpの2倍程度もしくはそれ以下であり、かつ深さhが板厚t（一例として約0.3mm）の1.5倍以上の凹凸部41を形成することができる。

【0062】なお、上述した各具体例では、平板部の面方向に切断した場合の断面が円形に閉じた断面の凹部もしくは凸部を形成する例を示したが、この発明では、その断面が矩形の断面もしくは多角形となる凹部もしくは凸部を形成する場合にも同様に適用することができる。また、平板部に垂直な方向での断面が矩形もしくはカップ状の凹部もしくは凸部を形成する例を上記の具体例で示したが、この発明における凹部もしくは凸部の断面形状は上記の例で示したものに限定されず、必要に応じて適宜の形状とすることができます。さらに図14および図15に示す例において、ポンチ45を押し下げる手段はカムに限定されないのであり、電磁アクチュエータや油圧を使用する手段など適宜のアクチュエータをポンチの駆動手段として採用してもよい。そしてこの発明で得られる多連凹凸板は、固体電解質型燃料電池スタックにおけるセパレータなどに使用することができる。

【0063】前述した多連凹凸板を燃料電池用セパレータに利用した例を次に説明する。図17は、高分子電解質膜型燃料電池スタックの一部を示す模式的な断面図であって、プロトンなどのイオンを透過させる電解質膜50を挟んだ両側に、触媒反応層とガス拡散層とを含む電

極51, 52が設けられている。その電解質膜50は、例えば湿潤状態でカチオン透過性を示すイオン交換膜によって構成され、また各電極51, 52は、燃料ガスの電離や電離して生じたイオンと酸化性ガス(空気)との反応を促進するための触媒層とその触媒層に対してガスを拡散させる多孔構造の拡散層とによって構成されている。それぞれの電極51, 52の表面に多連凹凸板からなるセパレータ53が密着状態で配置されている。

【0064】これらのセパレータ53は導電性材料(例えば金属)から形成されており、その凸部の頂面もしくは凹部の底面を電極に密着させ、電気的な導通状態を維持するように配置されている。したがってセパレータ53が多連凹凸板であることにより、電極51, 52の表面から離隔した多数の中空部が、相互に連通しつつ一定間隔をあけて形成されており、その中空部が燃料ガス(例えば水素ガス)および酸化性ガス(例えば空気)を流通させるガス流路54とされている。

【0065】上記の互いに積層された電解質膜50および電極51, 52を一对のセパレータ53で挟み込んで単セル(単電池)55が構成されており、これらの単セル55が、その厚さ方向に多数積層されて燃料電池スタック56を構成している。その場合、互いに隣接する単セル55におけるセパレータ53の凸部同士もしくは凹部同士が突き合わされており、したがって互いに突き合わせた箇所に隣接して互いに離隔する方向に変形した箇所が存在し、その互いに離隔した箇所がそれぞれ連通し、ここに冷却水用流路57が形成されている。

【0066】上記のセパレータ53は、前述した多連凹凸板の製造方法のうちコイニングと波曲げ加工とを併用した方法で製造されている。具体的には、図18に示すように、金属板57の一方の面にコイニング加工によって互いに平行な複数条の溝(以下、仮にコイニング溝と記す)58を形成し、ついで山線および谷線がこれらのコイニング溝58と交差するように波状の曲げ加工を施す。その結果、コイニング溝58を形成してある面では、コイニング溝58と波曲げによる溝(以下、仮に波曲げ溝と記す)59とが交差するので、これらの溝58, 59によって囲まれた部分が凸部となる。

【0067】これに対してコイニング溝58を形成していない面では、その面側での山線に相当する部分でかつコイニング溝58の背面側の部分に「ひけ」が生じ、浅い溝(以下、仮にひけ溝と記す)60が形成される。図19はそのひけ溝60の部分の断面を示しており、ひけ溝60の深さd2とその反対側の部分のコイニング溝58の深さd1との和が、「ひけ」の生じていない箇所でのコイニング溝58の深さd0とほぼ等しくなっている。したがってコイニング加工を施していない面においても、その面での山線に相当する部分が、ひけ溝60によって一定間隔ごとに分断され、その結果、互いに独立した多数の凸部が形成されている。

【0068】図19に示してあるように、コイニング溝58は金属板57の板厚の半分程度の深さであるのに対し、波曲げ溝59は金属板57の曲げ加工によって形成されたものであるから、波曲げ溝59の深さがコイニング溝58の深さよりもかなり深い。また、ひけ溝60は、波曲げ加工に伴う「ひけ」によって生じたものであるから、その深さはコイニング溝58よりもかなり浅い。したがってコイニング加工を施した面側の波曲げ溝59同士が、ひけ溝60より断面積の大きいコイニング溝58によって互いに連通されているので、コイニング加工を施した面側の波曲げ溝59とコイニング溝58とが冷却水を流通させるための冷却水流路とされている。これに対して、コイニング加工を施していない面側の波曲げ溝59とひけ溝60とが、燃料ガスや酸化性ガスなどの反応ガスを流通させるためのガス流路とされている。

【0069】ところで反応ガスは、その反応効率を向上させるために、可及的に長い間、電極51, 52の表面に沿って流動させることができほしい。のために、ガス流路は、反応ガスが蛇行して流動するように形成されている。その一例を図20に模式的に示してある。コイニング溝は図20に現れていない反対側の面の中央部分に図20の上下方向に向けて形成されている。このようにしてコイニング溝が形成されている領域が、図20の上下方向で4つの領域に等分されており、それぞれの領域において、山線および谷線が図20の左右方向を向くように波曲げ加工が施されている。その結果、図20に表されているガス流路側の面には、波曲げ溝59とひけ溝60とが互いに直交する方向に形成され、隣接する波曲げ溝59同士がひけ溝60によって連通されている。言い換れば、各領域内に縦横に交差したガス流路が形成されている。

【0070】図20における上部の領域の一端部にはその領域における全ての波曲げ溝59に連通する入口マニホールド61が形成されている。また、中間の2つの領域の一端部にはこれらの領域における波曲げ溝59の全てに連通する中間マニホールド62が形成され、さらに、下部の領域の一端部にはその領域における全ての波曲げ溝59に連通する出口マニホールド63が形成されている。これらのマニホールド61, 62, 63はセパレータ53をその板厚方向に貫通した長孔であって、単セルを多数積層することにより、燃料電池スタックの全体に亘って反応ガスを供給もしくは排出するための流路を形成するようになっている。

【0071】また上部の領域と上から2番目の領域との他方の端部に、これらの領域における波曲げ溝59を相互に連通させるように上下方向に湾曲した波曲げ溝59が形成されている。これは、上から3番目の領域と下部の領域とにおいても同様である。したがって前記入口マニホールド61から供給された反応ガスが上部の領域に

におけるガス流路（すなわち波曲げ溝59とひけ溝60）を通ってその一端部に到り、ここから上下方向に沿う波曲げ溝（いわゆるUターン溝）59を介して上から2番目の領域におけるガス流路を通って中間マニホールド62に到り、ここから第3番目の領域におけるガス流路に流れ込む。以降、同様にして、他方の端部に上下方向に沿ういわゆるUターン溝を介して下部の領域に入り、最終的には出口マニホールド63から排出される。

【0072】なお、図20において、符号64, 65, 66は貫通孔であって、前記各マニホールド61, 62, 63に対して左右方向で対称となる位置に形成され、燃料電池スタックとして積層されることにより、他の反応ガスのための流路を形成するようになっている。また、図20の下側の部分には、冷却水用の入口マニホールド67が形成され、さらに上側の部分には、冷却水用の出口マニホールド68が形成されている。これらのマニホールド67, 68は、左右方向に長い長孔であって、セパレータ53を貫通しており、図20には現れていない他方の面に形成されている冷却水流路に連通している。

【0073】上述したようにガス流路は波曲げ溝59とひけ溝60とによって形成されているが、そのひけ溝60は波曲げに伴う「ひけ」によって生じた浅い溝である。これに対して、前記電解質膜50はカチオン透過性を維持するために湿潤状態とする必要があり、また燃料ガスとして水素ガスを使用する燃料電池では反応生成物として水が生じる。したがってガス流路に水滴が流入もしくは発生することがあるが、その水滴に対してひけ溝60の開口断面積が相対的に小さく、そのために水滴が波曲げ溝59に詰まってしまい、その水滴がその波曲げ溝59から押し出されるまでは、波曲げ溝59がガス流路として有効に機能せず、燃料電池の発電効率の低下要因となる可能性がある。このような不都合を解消するために、上記のセパレータ53には、水滴排除溝69が形成されている。

【0074】この水滴排除溝69について具体的に説明すると、図21はセパレータ53におけるガス流路側の面の一部およびそのA-A線断面ならびにB-B線断面を示しており、図21の上下方向に向けて波曲げ溝59が形成され、かつ裏面側のコイニング溝58に対応する位置にひけ溝60が形成されている。それらのひけ溝60に挟まれた箇所が電極に接触させられる凸部となっており、その凸部に相当する部分が、所定間隔ごとに裏面側に押し曲げられ、その部分が凸部とは逆に窪んでおり、ここに水滴除去溝69が形成されている。したがってその水滴除去溝69は裏面側（コイニング加工を施してある面側）のコイニング溝58を避けた位置に曲げ加工によって形成されている。これは、コイニング溝58を潰さないようにするために、したがってその幅W2はコイニング溝58の幅W1より狭く設定されてい

る。また、水滴除去溝69の深さは、要は、水滴Wdが通過できる断面積となる程度で良く、一例として波曲げ溝59の深さ程度とすればよい。

【0075】したがって上記の水滴除去溝69を形成したセパレータ53では、ガス流路が水滴によって閉塞されることはなく、もしくはガス流路の閉塞を迅速に解消することができるので、燃料ガスもしくは酸化性ガスを電解質膜50の全体に効率よく分散させることができくなる。そのため、上記のセパレータ53を使用すれば、燃料電池の発電効率を向上させることができる。

【0076】なお、この水滴除去溝69が請求項11の発明における第4の構部に相当する。また、上記のコイニング溝58が請求項1ないし11の発明における第1の構部に相当し、かつこれと交差する波曲げ溝59が第2の構部に相当し、さらにコイニング加工を施していない面における波曲げ溝59が請求項10および11の発明における第3の構部に相当する。

【0077】上記のセパレータ53は波曲げ加工を施すことにより表裏両面に波曲げ溝59が形成されており、したがって冷却水流路も上述したガス流路と同様に、4つの領域に区分され、上側の2つの領域および下側の2つの領域における波曲げ溝59がその一端側のUターン溝によって連通した状態となっている。その形状の一部を図22に模式的に示してある。この図22に示すように、冷却水流路を構成する各波曲げ溝59には、これと交差する方向に向けて形成されているコイニング溝58を介して冷却水が供給される。その場合、コイニング溝58は、波曲げ溝59より浅く、その開口面積（流路面積）が波曲げ溝59より小さいので、波曲げ溝59からコイニング溝58に対しては冷却水が流入しにくい。そのため、冷却水がセパレータ53の全面に可及的に均等に拡散して全体を均一に冷却できるようにするために、冷却水流路が以下に述べるように構成されている。

【0078】冷却水の入口マニホールド67がセパレータ53の下側に形成されており、冷却水がここからコイニング溝58を介して波曲げ溝59に供給されるようになっている。したがって入口マニホールド67に最も近い波曲げ溝59に冷却水が先ず供給され、その波曲げ溝59に沿って冷却水が流动する一方、冷却水の一部が他のコイニング溝58を介して、他の隣接する波曲げ溝59に流入し、かつ該他の波曲げ溝59の内部を流动する。このように、入口マニホールド67から遠い位置の波曲げ溝59に対しては、波曲げ溝59より浅いコイニング溝58を介して冷却水が供給されるので、入口マニホールド67に近い位置の波曲げ溝59に交差するコイニング溝58の全開口面積が、遠い位置の波曲げ溝59に交差するコイニング溝58の全開口面積より大きく設定されている。

【0079】具体的には、

$$V_m = V_1 + V_{1-2}$$

$$V_{1-2} = V_2 + V_{2-3}$$

$$V_{2-3} = V_3 + V_{3-4}$$

を満たし、かつ

$$(1/2)^{n-1} / V_m = V_1$$

を満たす冷却水量となるように設定する。なお、 V_m は、入口マニホールド67での冷却水量、 V_1 は入口マニホールド67に最も近い波曲げ溝59での冷却水量、 V_{1-2} は入口マニホールド67に最も近い波曲げ溝59とこれに隣接する第2番目の波曲げ溝59とを接続するコイニング溝58での冷却水量、以下同様に、 V_2 および V_3 は第2番目の波曲げ溝59での冷却水量および第3番目の波曲げ溝59での冷却水量、 V_{2-3} は第2番目と第3番目の波曲げ溝59を接続するコイニング溝58での冷却水量、 V_{3-4} は第3番目と第4番目の波曲げ溝59を接続するコイニング溝58での冷却水量をそれぞれ示す。また、 n は波曲げ溝59の本数であり、図22に示す例では“4”である。

【0080】結局は、入口マニホールド67に近いコイニング溝58ほどその冷却水量が多くなるように設定されている。これは、1つずつのコイニング溝58の幅もしくは深さを大きくして開口断面積を大きくすることにより設定し、もしくはコイニング溝58の数を入口マニホールド67側ほど多くすることにより設定される。なお、図22に示す例では、コイニング溝58の数を入口マニホールド67側で多くしてある。

【0081】冷却水をセパレータ53の全面に可及的に均等に分散させるためには、入口マニホールド67から波曲げ溝59に対する冷却水の分散を促進する必要があり、そのために波曲げ溝59に対して開口面積の小さいコイニング溝58の形状もしくは配列を上記のように設定してある。したがって冷却水流路全体としての中流域あるいは下流域では、冷却水が既に各波曲げ溝59に分散させられているので、コイニング溝58を介した冷却水の分散を図る必要は特はない。そこで、この発明に係る上記のセパレータ53では、冷却水の分散を促進するためのコイニング溝58の形状もしくは配列が、冷却水流路全体のうち入口マニホールド67に近い箇所で採用され、これより下流側では、コイニング溝58の形状もしくは配列が、各波曲げ溝59の間で同一に設定されている。すなわちこの発明における第1の溝部に相当するコイニング溝58の形状もしくは配列が、冷却水の流动方向での上流側と下流側とで異なっている。

【0082】なお、波曲げ溝59のうち、Uターン溝の部分では、コイニング溝58との交差角度が連続的に変化し、かつ一部で両者の向きが一致するので、直線状のコイニング溝58と湾曲したUターン溝とを安定的に形成することが難しい。そのため、図に示す例では、Uターン溝の部分には、コイニング溝58を形成していない。そしてそのUターン溝の中間の部分までが、冷却水の拡散の用に供されるので、上述したコイニング溝58

について形状もしくは配列を各波曲げ溝59の間で相違させる処理は、Uターン溝の中間部、より具体的にはUターン溝の開始端からほぼ45度旋回した位置に到るまでの区間において施せばよい。

【0083】

【発明の効果】以上説明したように請求項1の発明によれば、基準板面に対してその板面の厚さ方向の少なくとも一方向に凸形状もしくは凹形状となりかつ前記板面に平行な少なくとも2方向に互いに離隔して配列された複数の凸部もしくは凹部が形成され、その凸部もしくは凹部の前記基準板面からの突出高さもしくは窪み深さが、基準板面の板厚の1.5倍以上でかつ凸部の前記板面方向での最大外形寸法もしくは前記凹部の前記板面方向での最大内径寸法が、凸部同士のピッチもしくは凹部同士のピッチ以上である多連凹凸板であるから、凸部もしくは凹部の先端を他の平面に密着させることにより、互いに連続した容積の大きい空間を確保することができる。

【0084】また、請求項2の発明によれば、素材となる板材の少なくとも一方の面に、板厚を減少させた複数条の溝部を形成し、ついでそれらの溝部に交差する線が谷線および山線となるように連続した曲げ形状となる曲げ加工をおこなうから、素材の延び量や張り出し量を少なくし、主に曲げ加工によって互いに独立した多数の凹凸部を形成することができ、そのため請求項2の発明によれば、高さもしくは深さが大きくしかも互いに接近した多数の凹凸部を有する多連凹凸板を得ることができる。

【0085】請求項3の発明によれば、一方の面にのみ、板厚が他の部分より薄い複数条の溝を形成した板材を、前記溝に交差する方向に山谷に連続して曲げ加工を施す多連凹凸板用曲げ加工型であって、前記溝の変形を規制する突部を有しているから、曲げ加工に伴う前記一方の面における溝の変形を防止することができると同時に、他方に面の山の部分の頂部における溝を確実に生じさせることができ、その結果、互いに独立した多数の凹凸部を、板厚に対して大きく突出し、また相互の間隔を接近させて形成した多連凹凸板を得ることができる。

【0086】請求項4の発明によれば、板状素材の一方の面に、その板状素材の板厚方向およびその面方向の少なくとも一方に成形ポンチを振動させるつつ押し付けることにより凹凸部を形成する方法であるから、材料の延びを凹凸部の一部に生じさせつつ次第に凹凸部の全体の形状に仕上げることになり、そのため、クリープが生じにくく、その結果、板厚に対して深さの深い凹凸部を形成することができ、またコーナ部分での曲率半径を小さくした角形に近い断面形状の凹凸部を得ることができる。

【0087】請求項5の発明によれば、板状素材の少なくとも一方の面上に前記突起部用の複数の軸状部材を突き当てるとともに、それらの軸状部材を軸線方向に加圧し

て該軸状部材を前記板状素材に嵌入させて軸状部材を板状素材に一体化することにより多連凹凸板を製造する方法であるから、突起部の素材となる軸状部材がポンチとなり、しかもその軸状部材が板状素材に嵌入して一体化されるので、容易に多連凹凸板を製造することができる。また、板状素材の材料の流動や延びを生じさせることがないので、各突起部を互いに接近させ、またその突出長さを長くすることができ、その結果、単位面積あたりの突起部の数が多く、またその突出量の大きい多連凹凸板を得ることができる。

【0088】そして、請求項6の発明によれば、凹部を形成すべき板状素材を、各領域が複数の凹部を含むように複数の領域に区分し、各領域ごとに一箇所ずつ前記板状素材の素材流動を伴う変形を生じさせて前記凹部を形成することを特徴とする方法であるから、板状素材に材料流動を生じさせて凹部を形成するものの、その加工は、予め区分された区画の中の1箇所で実行されるので、複数の加工箇所で同一の部分からの材料の流入を同時に生じさせることができなく、そのため、成形限界が向上して板厚に対する深さの深い凹部もしくは凸部を形成することができる。また、その加工は、複数の区画において同時に実行されるので、生産性が悪化することはない。

【0089】請求項7の発明によれば、板材の表裏両面に互いに独立した複数の凹凸部が形成された多連凹凸板を利用した燃料電池用セパレータであって、素材となる板材の少なくとも一方の面に、板厚を減少させて形成された複数条の第1の溝部と、それらの溝部に谷線および山線が交差するように前記板材を波状に連続した曲げ形状となるように曲げ加工して前記板材の表裏両面に形成された第2の溝部とを有する構造としたから、第1の溝部と第2の溝部とによって区画された凸部が、燃料電池における電極に導通する接点となり、しかもそれらの溝部をガスや冷媒のための流路とすることができる。

【0090】また、請求項8の発明によれば、前記一方の面に形成されている溝部が冷却水用流路を形成し、かつ他方の面に形成されている溝部がガス用流路を形成しているので、1枚のセパレータもしくは一対のセパレータでガス流路および冷却水流路を形成することができる。

【0091】さらに、請求項9の発明によれば、前記冷却水の流動方向における上流側の第1の溝部の形状もしくは配列と下流側の第1の溝部の形状もしくは配列とを相違させているために、第1の溝部を介して第2の溝部に分散させる冷却水の流量を、第1の溝部の形状もしくは配列によって制御し、第2の溝部ごとの冷却水量を充分確保し、冷却不良個所の発生を未然に防止することができる。

【0092】請求項10の発明によれば、請求項7の構成において、前記曲げ加工に伴って前記板材の他方の面

の山線に相当する部分に該山線に交差するように形成された第3の溝部を有し、前記一方の面における第1の溝部および第2の溝部が冷却水用流路を形成し、かつ他方の面における第2の溝部および第3の溝部がガス用流路を形成したので、板材の一方の面側を冷却水の流動する冷却部とし、かつ他方の面を燃料電池での発電の用に供されるガスの供給部および排出部とすることでき、しかもそれぞれの面で、溝部が交差して形成されているので、冷却水およびガスの分散を促進することができる。

10 【0093】そして、請求項11の発明によれば、請求項7の構成において、前記板材の他方の面の山線に相当する部分の所定箇所を板厚方向に押圧変形させて前記第3の溝部より断面積の大きい第4の溝部を形成したので、ガス流路中の水滴などの液体をその第4の溝部に送り込み、あるいは第4の溝部を介して他の第2の溝部に分散させることができ、その結果、第2の溝部の液滴による閉塞を解消してガスの流通および分散を良好におこなうことができる。

【図面の簡単な説明】

20 【図1】 この発明による多連凹凸板の一部を示す斜視図である。

【図2】 (A) および (B) は図1に示す多連凹凸板の製造過程を例示する側面図である。

【図3】 図1に示す多連凹凸板に使用されるビレット状ピースの他の例を示す斜視図である。

【図4】 ノックアウトによってビレット状ピースを圧縮する例を示す側面図である。

【図5】 (A) および (B) は波曲げ加工によって多連凹凸板を製造する過程を説明するための説明図である。

30 【図6】 (A) および (B) は図5に示す方法で採用することのできる溝形状を示す断面図である。

【図7】 図5に示す方法で採用することのできる波曲げ形状の一例を示す断面図である。

【図8】 溝形成のための突条を有する曲げ型の一例を示す模式図である。

【図9】 ポンチを軸線方向および半径方向に振動させて凹部の絞り加工をおこなう装置の一例を模式的に示す図である。

40 【図10】 図9に示す装置で使用されるポンチの先端形状を示す図である。

【図11】 図9に示す装置で形成される凹部の成形過程を示す断面斜視図である。

【図12】 図9に示す装置で形成した凹部の形状の一例を誇張して示す断面斜視図である。

【図13】 複数の区画ごとに凹部の絞り加工をおこなう場合の区画の配列の例を示す平面図である。

【図14】 区画ごとに凹部の成形をおこなう際に使用するポンチの構成を示す概略斜視図である。

50 【図15】 そのポンチを押し下げている状態の断面図

である。

【図16】 区画ごとに凹部を絞り成形した多連凹凸板の部分断面斜視図である。

【図17】 この発明に係るセパレータを使用した燃料電池スタックの模式的な部分断面図である。

【図18】 セパレータ用の板材の波曲げ加工前の状態と波曲げ加工によってひけ溝が形成された状態とを示す部分斜視図である。

【図19】 ひけ溝を示す拡大部分端面図である。

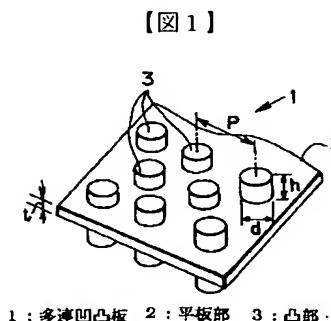
【図20】 この発明に係るセパレータの斜視図である。

【図21】 この発明に係るセパレータにおける水滴除去溝を示す部分平面な図および断面図である。

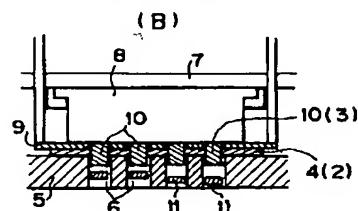
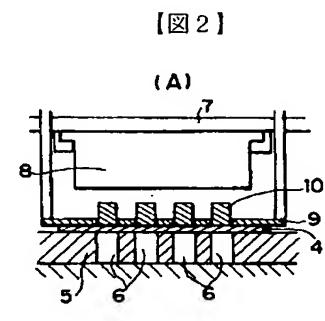
* 【図22】 この発明に係るセパレータにおける冷却水流路の一部を示す部分平面図である。

【符号の説明】

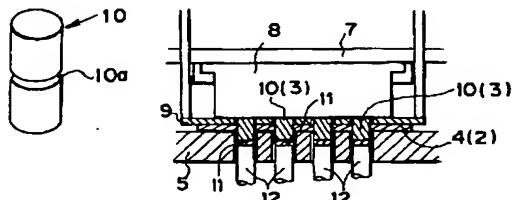
1…多連凹凸板、 2…平板部、 3…凸部、 10…ビレット状ピース、 20…平板体、 21…溝、 22…山線、 23…谷線、 24…凸部、 25…多連凹凸板、 26…突起部、 34…ポンチ、 39…凹部、 40…多連凹凸板、 41…凹凸部、 42…平板部、 43…区画、 45…ポンチ、 50…電解質膜、 51、 52…電極、 53…セパレータ、 54…ガス流路、 57…冷却水流路、 58…コイニング溝、 59…波曲げ溝、 60…ひけ溝、 67…入口マニホールド、 69…水滴除去溝。



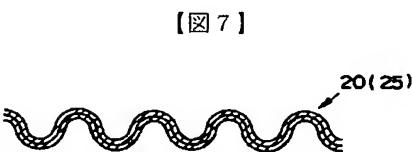
1:多連凹凸板 2:平板部 3:凸部



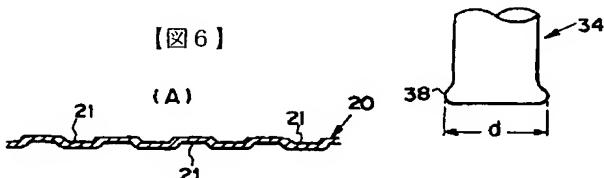
【図3】



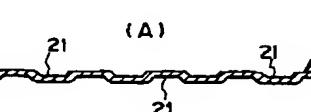
【図4】



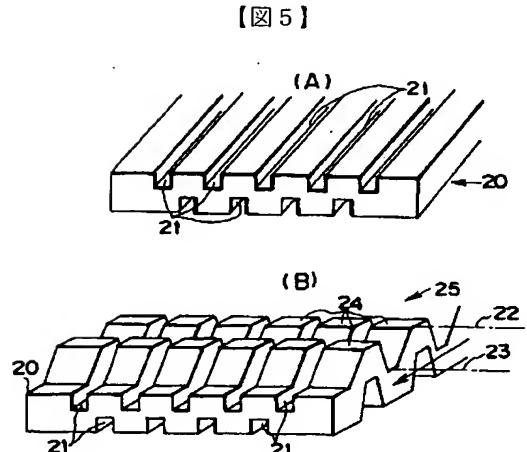
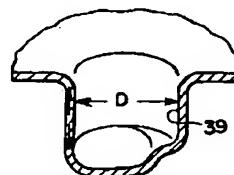
【図10】



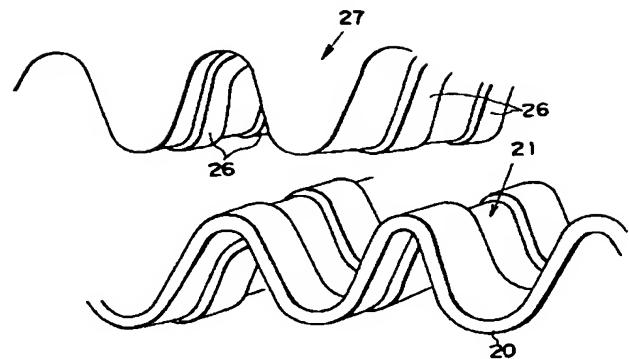
【図6】



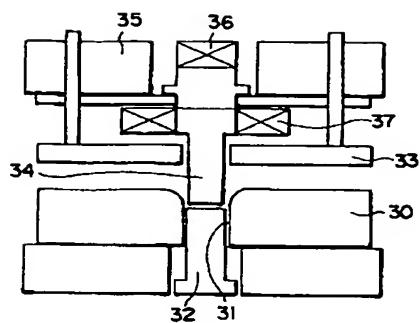
【図11】



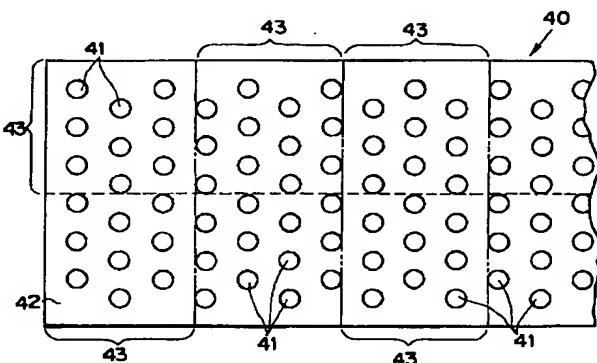
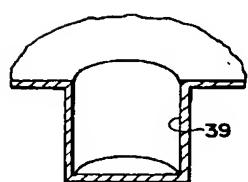
【図8】



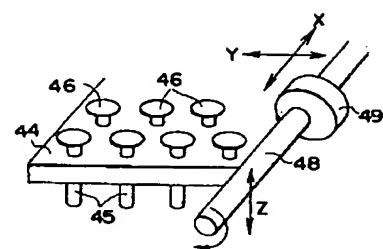
【図9】



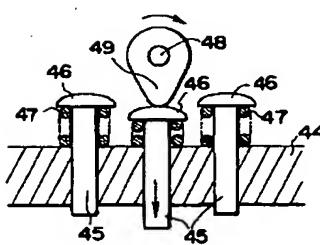
【図12】



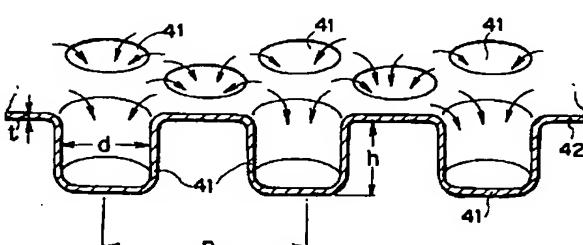
【図14】



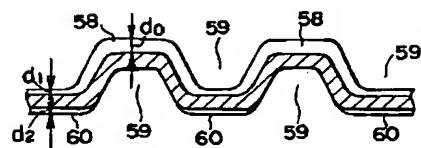
【図15】



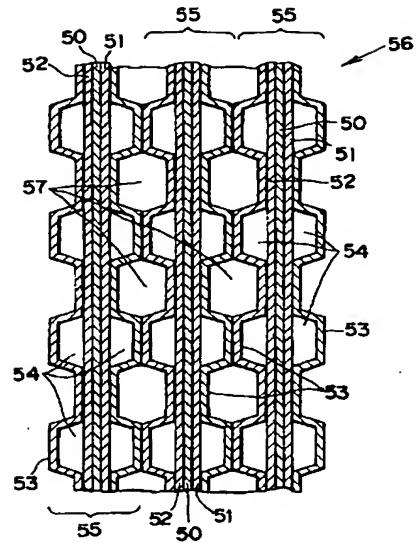
【図16】



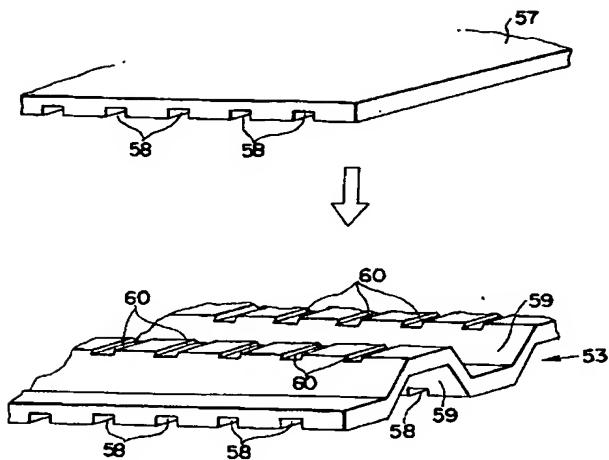
【図19】



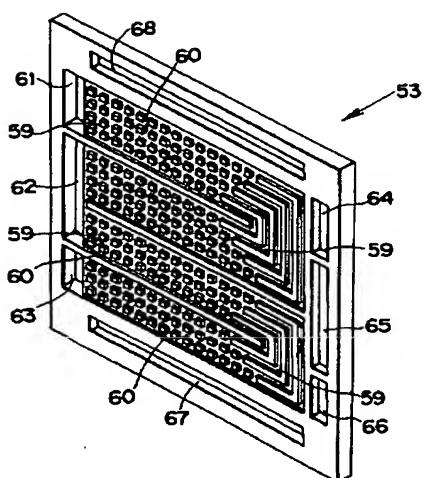
【図17】



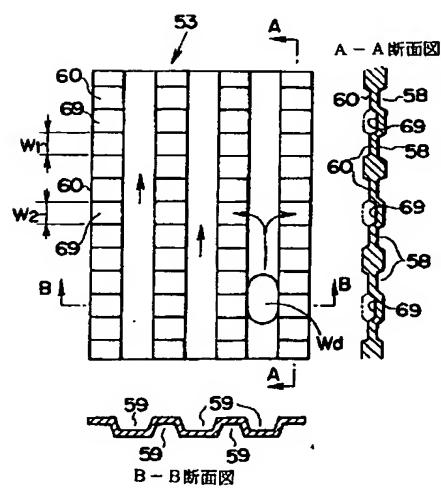
【図18】



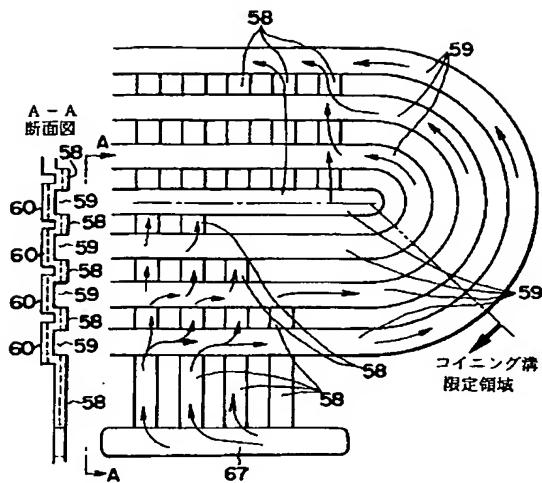
【図20】



【図21】



【図22】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.

F 16 S 1/06

識別記号

F I

F 16 S 1/06

マークド (参考)